

## **RN\_61 DISEÑO DE UNA RED DE MONITOREO DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO MEDIANTE EL ANÁLISIS MULTICRITERIO. ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA, MÉXICO.**

**Esquivel M. Juan M.; Expósito C, J.L.; Morales R, G.P.; Esteller A, M. V.; López V, S.**  
CIRA, Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro Coatepec  
S/N C.U. 50130 Toluca, México. Tel. (722) 2965550 Fax (722) 2965551. Correo electrónico:  
johndm4@hotmail.com

*Palabras clave: Monitoreo, acuífero, SIG y análisis multicriterio.*

### **Introducción**

El agua subterránea es un recurso natural vital para el suministro confiable y económico de agua para el consumo humano en zonas urbanas y rurales. De acuerdo con la UNESCO (2009), los sistemas de agua subterránea suministran el 48.23% del agua potable del mundo. Hoy en día, la mitad de las megalópolis del mundo y grandes ciudades en todos los continentes dependen del agua subterránea.

El agua subterránea es susceptible a sufrir cambios en su cantidad y calidad, siendo estos cambios frecuentemente procesos muy lentos por lo que necesitan ser monitoreados. El monitoreo de un acuífero es un programa de medición continua y observación de la situación actual del agua subterránea en el espacio y tiempo.

Los programas de monitoreo del agua subterránea pueden proporcionar los datos necesarios para la toma de decisiones dentro del proceso de gestión del recurso hídrico subterráneo (Baalousha, 2010) y también pueden contribuir en las tareas de protección del agua subterránea, ya que permite evaluar procesos de contaminación y problemas de sobreexplotación que tienen lugar en el acuífero.

En esta investigación, se implementó la metodología del análisis multicriterio en un ambiente SIG, lo cual permitió definir las áreas que necesitan ser monitoreadas por orden de prioridad para la red del nivel piezométrico del Acuífero del Valle de Toluca y definir estrategias para satisfacer la demanda de agua.

El acuífero del Valle de Toluca (AVT) se encuentra en la porción central de la República Mexicana, dentro del Curso Alto del río Lerma, cubriendo un área total de 2,768 km<sup>2</sup>. El acuífero limita al Norte con el acuífero Atlacomulco-Ixtlahuaca, al Sur con el cerro de Tenango, al Sur-Poniente con el Volcán Nevado de Toluca (4 680 msnm), al Sur Oriente con el Cerro la Corona y al Oriente con la Sierra de las Cruces y Monte Alto (Figura 1).

### **Objetivo**

Con base en la necesidad de tener un cocimiento cada vez más amplio de los recursos hídricos subterráneos, esta investigación tuvo como objetivos; i) identificar los criterios que inciden en el diseño de una red de monitoreo del nivel piezométrico y ii) desarrollar,

a través de un estudio de caso (acuífero del Valle de Toluca,), un método para el diseño de una red de monitoreo del nivel piezométrico del agua subterránea, basado en el uso del SIG y el análisis multicriterio.

### **Metodología**

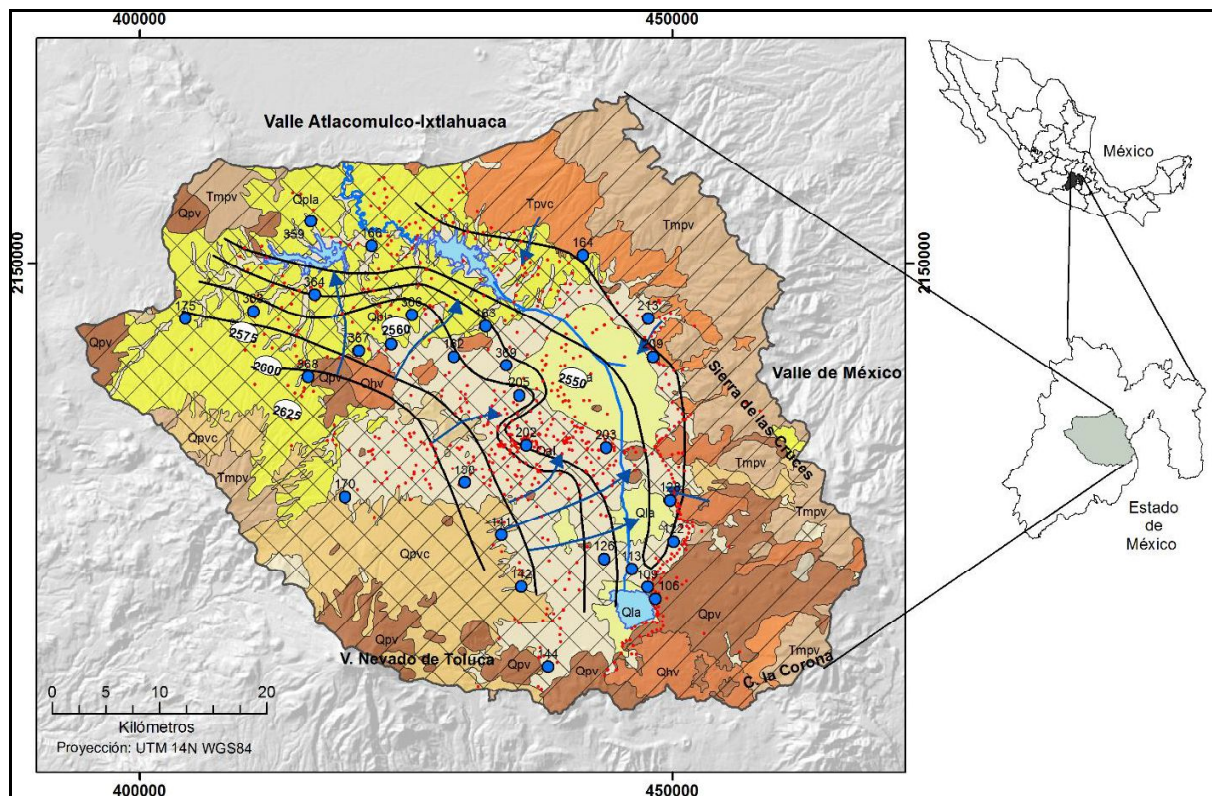
La selección del método "análisis multicriterio" se basó en la información disponible y fue aplicado con la ayuda del SIG (Idrisi Selva). La Figura 2 muestra las etapas del análisis multicriterio que se han aplicado en esta investigación.

Para el análisis multicriterio, se implementó la técnica del Proceso de Jerarquías Analíticas "AHP" (Gómez & Barredo 2006) y se consideró como criterios: velocidad del abatimiento del nivel piezométrico, abatimiento del nivel piezométrico, recuperación del nivel piezométrico, densidad de pozos de extracción, gradiente hidráulico vertical, grietas, cuerpos de agua y montañas; los cuales que fueron ponderados y evaluados a partir de la relación que tienen con el objetivo del estudio. Finalmente, el resultado del análisis multicriterio fue sobrepuesto con factores complementarios como son la distribución espacial de los pozos en la red de monitoreo existente y áreas optimas a representar por un punto de monitoreo.

### **Resultados y discusión**

Como resultado del análisis multicriterio se obtuvo un mapa, el cual muestra por orden de prioridad las áreas a monitorear en la red del nivel piezométrico (Figura 3).

En relación con las categorías de las áreas prioritarias, el área de "muy baja" prioridad ocupa el 91% de la planicie. Las áreas de "baja" prioridad se observan en la zona norte y poniente de la planicie donde subyace el acuífero del Valle de Toluca y cubre el 4.4% de la superficie. La categoría "media" prioridad representa el 1.8% y ocupa principalmente el centro del área de estudio. La categoría "alta" cubre una parte del centro del acuífero (sólo el 1.8% del total). Por otro lado, concretamente en la zona metropolitana de la Ciudad de Toluca, sobresale el área con categoría de prioridad "muy alta" que cubre una superficie pequeña con el 1.0% con respecto a la superficie total de la planicie.



### LEYENDA

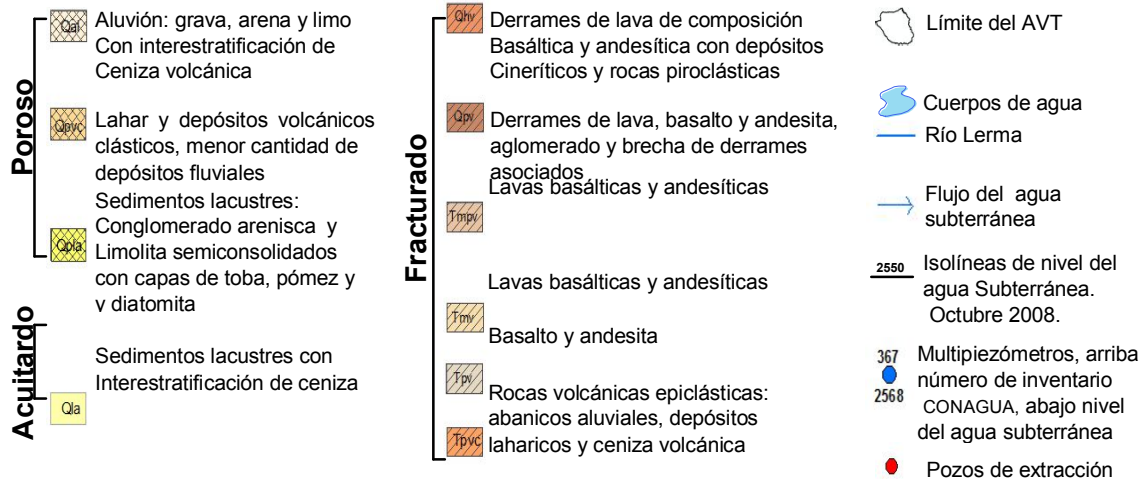
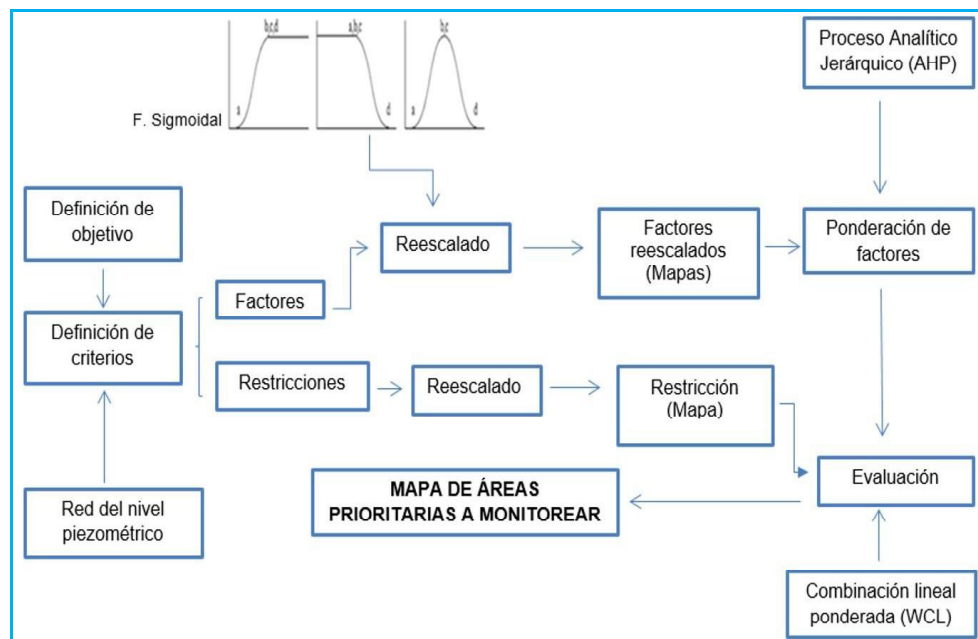
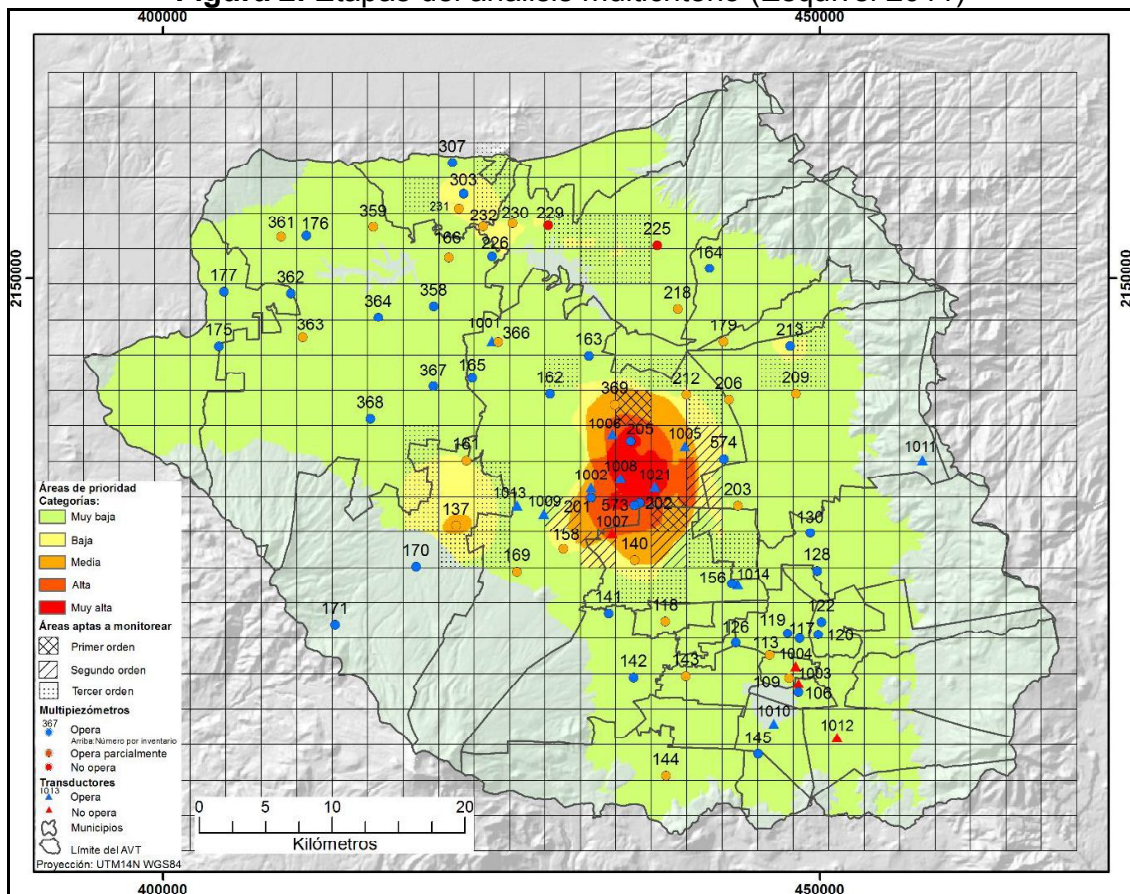


Figura 1. Mapa hidrogeológico del AVT.





**Figura 2.** Etapas del análisis multicriterio (Esquivel 2011)



**Figura 3.** Sobreposición del mapa de áreas prioritarias de monitoreo con factores complementarios

La sobreposición del mapa resultado del análisis multicriterio con los mapas de los factores complementarios (distribución espacial de los pozos en la red de monitoreo existente y áreas óptimas a representar por un punto de monitoreo), permitió clasificar las cuadrículas en áreas aptas a monitorear. Estas áreas se clasificaron en tres órdenes de importancia, que son de primero, segundo y tercer orden, lo cual permite definir en cuáles cuadrículas se pueden colocar nuevos puntos de monitoreo con el fin de tener una densidad adecuada de puntos en esta red. Como resultado se identificaron y ubicaron 34 cuadrículas para instalar nuevos puntos de monitoreo, de las cuales dos son de primer orden, seis de segundo orden y veintiséis de tercer orden.

### **Conclusiones**

El diseño de la red de monitoreo enfocada al estudio de la evolución de los niveles piezométricos, y desde un enfoque de gestión de los recursos hídricos, debe ser considerado como un elemento esencial en una toma de decisiones basada en información precisa y de calidad.

En esta investigación se aplicó la técnica AHP del análisis multicriterio con la ayuda del SIG para optimizar a la red de monitoreo del nivel piezométrico en el acuífero del Valle de Toluca, ya que la información que se obtiene de esta red es una herramienta fundamental de análisis para la toma de decisiones en temas relacionados con los recursos hídricos.

Estas geotecnologías se utilizan en investigaciones multidisciplinarias, y pueden usarse como una valiosa herramienta pedagógica y práctica, logrando mejoras en investigaciones relacionadas con el medio ambiente.

### **Agradecimientos**

Este estudio ha sido financiado por la Universidad Autónoma del Estado de México a través de proyecto 3318/2012CHT titulado "Identificación, determinación y evaluación de factores hidrogeológicos, ambientales y socioeconómicos para el diseño de redes dinámicas de monitoreo de calidad y cantidad de agua subterránea. Acuífero del Valle de Toluca".

### **Bibliografía**

1. Baalousha, H. 2010, "Assessment of a groundwater quality monitoring network using vulnerability mapping and geostatistics: A case study from Heretaunga Plains, New Zealand", *Agricultural Water Management*, vol. 97, no. 2, pp. 240-246.
2. Esquivel, J.M. 2011, "Uso de los SIG para el rediseño de las redes existentes de monitoreo de cantidad y calidad del agua subterránea: Acuífero del Valle de Toluca", Tesis de Maestría en Ciencia del Agua. Facultad de Ingeniería, CIRA, UAEM.
3. Gómez Delgado, M. & Barredo Cano, J.I. 2006, *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*, Edición RA-MA, Madrid, España.
4. World Water Assessment Programme (United Nations) & Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura 2009, *Water in a changing world*, UNESCO Publishing, London; Paris.